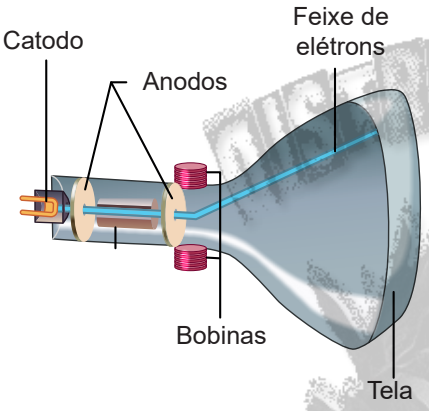
Aula 23

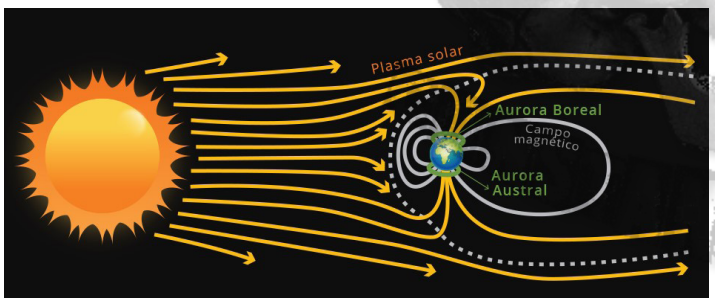
FORÇA MAGNÉTICA EM PARTÍCULAS CARREGADAS

Introdução

Observa-se que, cargas elétricas, ao se moverem em uma região de campo magnético, podem interagir com este. Tal interação é conhecido como força magnética a qual possuem características bastante peculiares. Dentro desse contexto podemos estudar o tubo de raios catódicos e o fenômeno das auroras que ocorre pela interação entre o campo magnético da Terra e das partículas carregadas proveniente do Sol

TUBO DE RAIOS CATÓDICOS

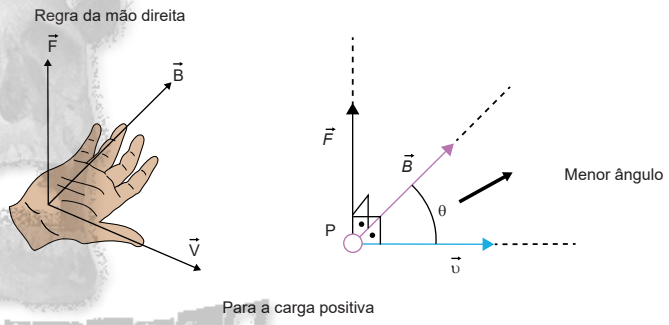




Força em partículas carregadas

Quando uma partícula carregada move-se em uma região de campo magnético presente ela sofrerá uma força com as seguintes características:

- Módulo: $F_{mag} = |q|vB\text{sen}\theta$
- Direção: Perpendicular ao plano definido pelos vetores $\vec{v}$ e $\vec{B}$.
- Sentido: Determinado pela mão direita espalmada. Veja a figura abaixo exemplificando a regra da mão direita

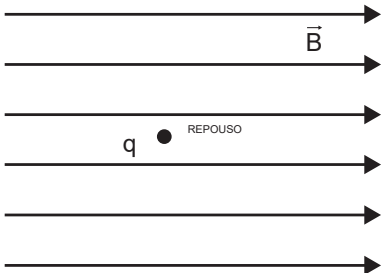


Observações:
Para a carga negativa, o sentido da força magnética será contrário ao ilustrado na figura.

Nas próximas subseções iremos aplicar tal regra para casos particulares importantes.

Partícula em repouso

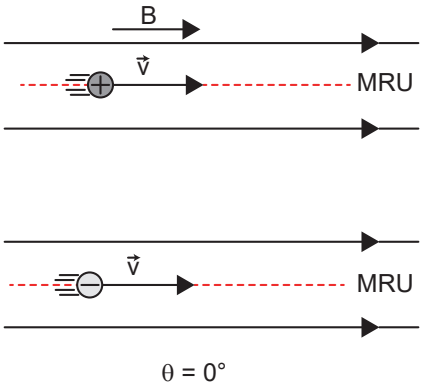
Nessa situação não ocorre força magnética.



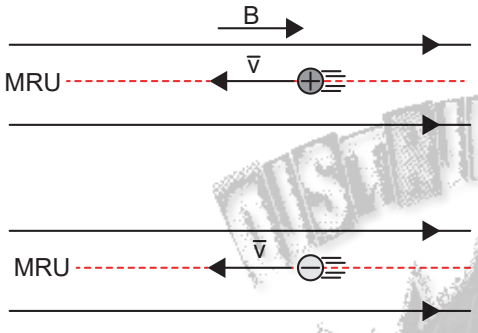
$$F_{mag} = |q|vB\,\text{sen}\theta$$
$$F_{mag} = |q|0B\,\text{sen}\theta$$
$$F_{mag} = 0$$

Partículas lançadas com $\vec{v}$ paralelo a $\vec{B}$.

É mais uma situação em que não aparece a força magnética.



$\theta = 0°$



$\theta = 180°$

$\text{sen } 0° = 0$

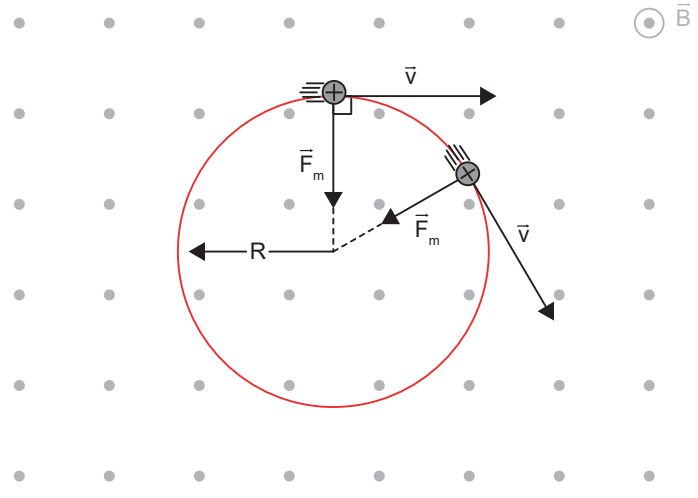
$\text{sen } 180° = 0$

$$F_{mag} = |q|vB\text{sen}\theta \quad F_{mag} = |q|vB0$$

$$\boxed{F_{mag} = 0}$$

Partículas lançadas com $\vec{v}$ perpendicular a $\vec{B}$.

A partícula realiza um MCU, no qual a força magnética corresponde a resultante centrípeta. Adicionalmente, podemos deduzir o raio da órbita e o período do movimento.



$$F_{mag} = |q|vB\text{sen}\theta$$

$$F_{mag} = |q|vB\,\text{sen}90^{\circ\,1}$$

$$F_{mag} = |q|vB$$

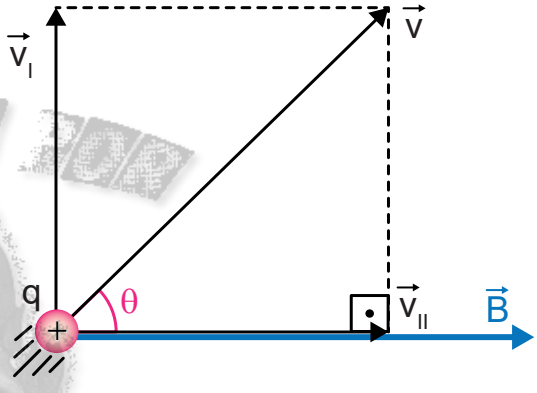
$$F_{mag} = F_{cp}$$

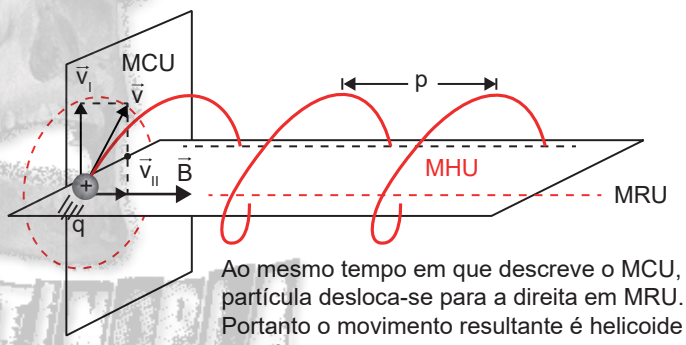
$$|q|vB = m\frac{v^2}{R}$$

$$\boxed{R = \frac{mv}{|q|B}}$$

Partículas lançadas com $\vec{v}$ oblíquo a $\vec{B}$.

Nessa situação ocorre a combinação de um MCU e um MRU o que gera o movimento helicoidal uniforme (MHU). Pode-se deduzir o passo da hélice, isto é, a distância percorrida na direção do MRU, durante um período do MCU.



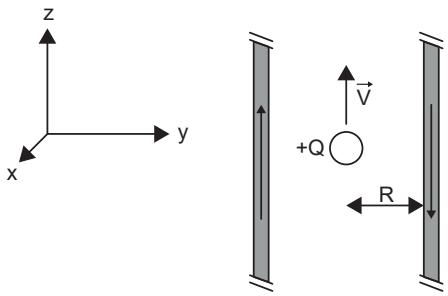


Ao mesmo tempo em que descreve o MCU, a partícula desloca-se para a direita em MRU. Portanto o movimento resultante é helicoide e uniforme.

O passo da hélice é: $\boxed{p = \frac{2\pi mv\cos\theta}{|q|B}}$

Exercícios

01. Dois fios muito longos transportam, cada um deles, uma corrente elétrica de intensidade I, conforme indicado na figura. Uma partícula de carga +Q, situada a uma distância R de cada um dos fios, move-se com velocidade constante ao longo da direção **z**.



O módulo e sentido da força magnética atuando sobre a carga devido ao campo magnético produzido pelos fios são dados por:

Note e adote:
O campo magnético produzido por um fio muito longo transportando uma corrente de valor I tem módulo aproximadamente dado por $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, sendo r a distância do fio até o ponto e corresponde a constante de permeabilidade magnética.

A) 0.

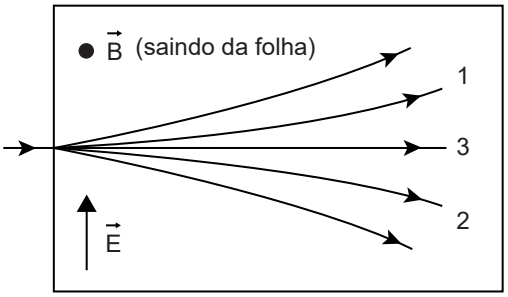
B) $\frac{QV\mu_0 I}{\pi r}$, e aponta na direção −y.

C) $\frac{QV\mu_0 I}{\pi r}$, e aponta na direção y.

D) $\frac{QV\mu_0 I}{\pi r}$, e aponta na direção −x.

E) $\frac{QV\mu_0 I}{\pi r}$, e aponta na direção x.

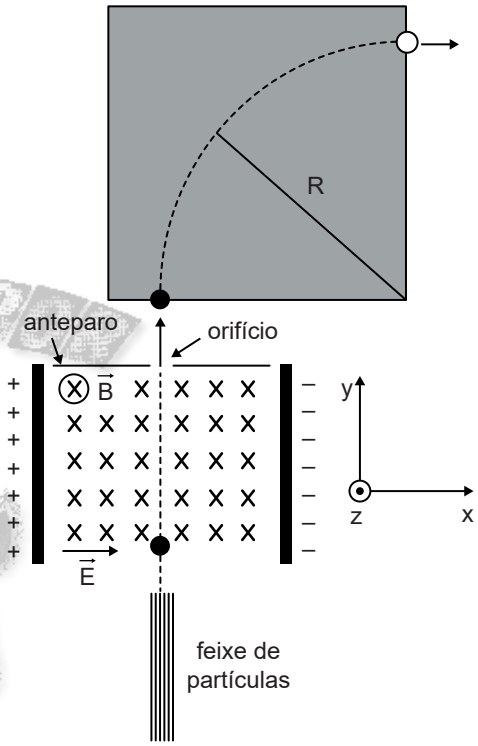
02. Partículas com carga elétrica positiva penetram em uma câmara em vácuo, onde há, em todo seu interior, um campo elétrico de módulo E e um campo magnético de módulo B, ambos uniformes e constantes, perpendiculares entre si, nas direções e sentidos indicados na figura. As partículas entram na câmara com velocidades perpendiculares aos campos e de módulos v_1 (grupo 1), v_2 (grupo 2) e v_3 (grupo 3). As partículas do grupo 1 têm sua trajetória encurvada em um sentido, as do grupo 2, em sentido oposto, e as do grupo 3 não têm sua trajetória desviada. A situação está ilustrada na figura abaixo.



Considere as seguintes afirmações sobre as velocidades das partículas de cada grupo:
I. $v_1 > v_2$ e $v_1 > E/B$
II. $v_1 < v_2$ e $v_1 < E/B$
III. $v_3 = E/B$

Está correto apenas o que se afirma em
A) I.
B) II.
C) III.
D) I e III.
E) II e III.

03. (Esc. Naval) Observe a figura abaixo:



Um feixe de partículas, carregadas negativamente e com diferentes velocidades penetra em uma região com dois campos perpendiculares entre si, um campo elétrico de módulo E = 10 V/m e um campo magnético de módulo $B = 5 \times 10^{-2}$ T, uniformes e constantes, e com direções e sentidos indicados na figura. Na outra extremidade dessa região existe um anteparo com um orifício que permite que somente partículas que não tenham tido sua trajetória desviada o ultrapassem, como ilustrado na figura. Ao ultrapassar o anteparo, as partículas penetram uma outra região de campo magnético constante e uniforme (área cinza na figura), descrevendo uma trajetória circular de raio R = 1 cm. Usando o eixo de coordenadas da figura, calcule o módulo e o sentido do vetor do campo magnético, ao longo do eixo **z** na região de área cinza, considerando o módulo da carga de cada partícula $q = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C, e massa de cada partícula $m = 1{,}6 \times 10^{-31}$ C e assinale a opção correta.

A) 4×10^{-8} T; sentido positivo
B) 2×10^{-8} T; sentido negativo
C) 2×10^{-7} T; sentido positivo
D) 2×10^{-7} T; sentido negativo
E) 2×10^{-8} T; sentido positivo

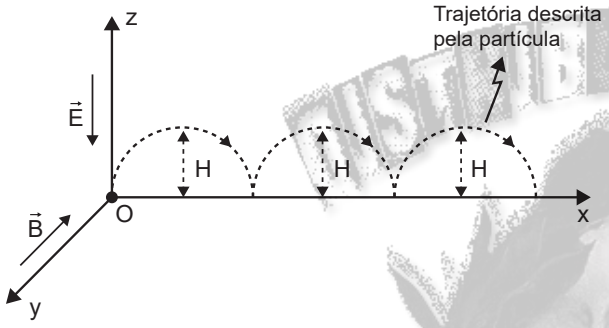
04. (Efomm) Uma partícula de massa m = 1,0 × 10^{-26} kg e carga q = 1,0 μC com energia cinética de 1,25 KeV movendo-se na direção positiva do eixo **x** penetra em uma região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme de módulo 1,0 KV/m orientado no sentido positivo do eixo **y**. Para que não ocorra nenhum desvio da partícula nessa região, é necessária a existência de um campo magnético de intensidade

Dado: 1eV = 1,6 × 10^{-19} J

A) 1,0 mT
B) 2,0 mT
C) 3,0 mT
D) 4,0 mT
E) 5,0 mT

05. (Epcar (Afa)) Uma partícula de massa 1 g eletrizada com carga igual a –4 mC encontra-se inicialmente em repouso imersa num campo elétrico $\vec{E}$ vertical e num campo magnético $\vec{B}$ horizontal, ambos uniformes e constantes. As intensidades de $\vec{E}$ e $\vec{B}$ são, respectivamente, 2 V/m e 1T.

Devido exclusivamente à ação das forças elétrica e magnética, a partícula descreverá um movimento que resulta numa trajetória cicloidal no plano **xz** conforme ilustrado na figura abaixo.



Sabendo-se que a projeção deste movimento da partícula na direção do eixo **oz** resulta num movimento harmônico simples, pode-se concluir que a altura máxima H atingida pela partícula vale, em cm

A) 50
B) 75
C) 100
D) 150

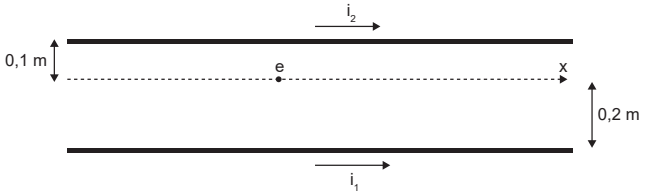
06. (Espcex (Aman)) Uma carga elétrica puntiforme, no interior de um campo magnético uniforme e constante, dependendo de suas condições cinemáticas, pode ficar sujeita à ação de uma força magnética. Sobre essa força pode-se afirmar que

A) tem a mesma direção do campo magnético, se a carga elétrica tiver velocidade perpendicular a ele.
B) é nula se a carga elétrica estiver em repouso.
C) tem máxima intensidade se o campo magnético e a velocidade da carga elétrica forem paralelos.
D) é nula se o campo magnético e a velocidade da carga elétrica forem perpendiculares.
E) tem a mesma direção da velocidade da carga elétrica.

07. (Efomm) Uma partícula com carga elétrica de 5,0 × 10^{-6} C é acelerada entre duas placas planas e paralelas, entre as quais existe uma diferença de potencial de 100 V. Por um orifício na placa, a partícula escapa e penetra em um campo magnético de indução magnética uniforme de valor igual a 2,0 × 10^{-2} T, descrevendo uma trajetória circular de raio igual a 20 cm. Admitindo que a partícula parte do repouso de uma das placas e que a força gravitacional seja desprezível, qual é a massa da partícula?

A) 1,4 × 10^{-14} kg
B) 2,0 × 10^{-14} kg
C) 4,0 × 10^{-14} kg
D) 2,0 × 10^{-13} kg
E) 4,0 × 10^{-13} kg

08. (Esc. Naval) Observe a figura a seguir.



Paralelo ao eixo horizontal **x**, há dois fios muito longos e finos. Conforme indica a figura acima, o fio 1 está a 0,2 m de distância do eixo **x** enquanto o fio 2 está a 0,1 m. Pelo fio 1, passa uma corrente i_1 = 7,0 mA e, pelo fio 2, i_2 = 6,0 mA, ambas no sentido positivo de **x**. Um elétron (carga = e, massa = m_e) se desloca sobre o eixo **x** com velocidade constante. Sabendo que os dois fios e a trajetória do elétron estão no mesmo plano, qual o módulo, em mm/s e o sentido do vetor velocidade do elétron em relação ao sentido das correntes i_1 e i_2?

Dados:

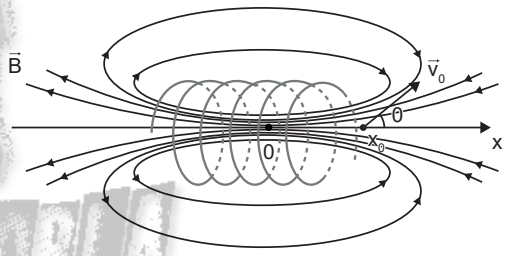
g = 10 m/s²

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T \cdot m}{A}$$

$$\frac{e}{m_e} = 2 \cdot 10^{11}\ \frac{C}{kg}$$

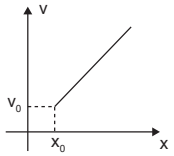
A) 10 e contrário.
B) 20 e igual.
C) 30 e contrário.
D) 40 e igual.
E) 50 e contrário.

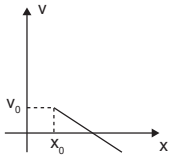
09. (Epcar (Afa)) Na região próxima a uma bobina percorrida por corrente elétrica contínua, existe um campo de indução magnética $\vec{B}$, simétrico ao seu eixo (eixo x), cuja magnitude diminui com o aumento do módulo da abscissa **x**, como mostrado na figura abaixo.

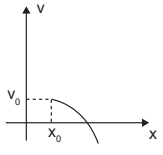


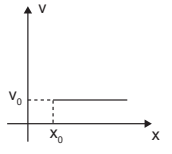
Uma partícula de carga negativa é lançada em x = x_0 com uma velocidade $\vec{v}_0$ formando um ângulo com o sentido positivo do eixo **x**.

O módulo da velocidade $\vec{v}$ descrita por essa partícula, devido somente à ação desse campo magnético, em função da posição x, é melhor representado pelo gráfico.

A)


C)


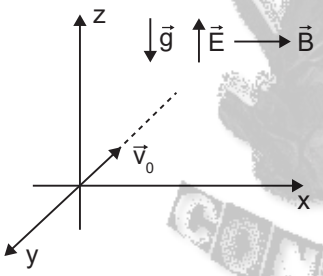
B)


D)


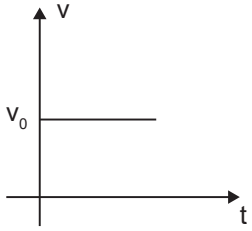
10. (Espcex) Partículas com grande velocidade, provenientes do espaço, atingem todos os dias o nosso planeta e algumas delas interagem com o campo magnético terrestre. Considere que duas partículas A e B, com cargas elétricas $Q_A > 0$ e $Q_B < 0$, atingem a Terra em um mesmo ponto com velocidades, $\overrightarrow{V_A} = \overrightarrow{V_B}$, perpendiculares ao vetor campo magnético local. Na situação exposta, podemos afirmar que
A) a direção da velocidade das partículas A e B não irá se alterar.
B) a força magnética sobre A terá sentido contrário à força magnética sobre B.
C) a força magnética que atuará em cada partícula terá sentido contrário ao do seu respectivo vetor velocidade.
D) a força magnética que atuará em cada partícula terá o mesmo sentido do vetor campo magnético local.
E) a direção da velocidade das partículas A e B é a mesma do seu respectivo vetor força magnética.

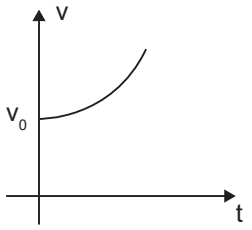
11. (Espcex) Sob a ação exclusiva de um campo magnético uniforme de intensidade 0,4 T um próton descreve um movimento circular uniforme de raio 10 mm em um plano perpendicular à direção deste campo. A razão entre a sua massa e a sua carga é de 10^{-8} kg/C. A velocidade com que o próton descreve este movimento é de:
A) $4 \cdot 10^5$ m/s
B) $2 \cdot 10^5$ m/s
C) $8 \cdot 10^4$ m/s
D) $6 \cdot 10^4$ m/s
E) $5 \cdot 10^3$ m/s

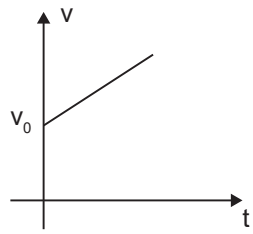
12. (AFA) Uma partícula de massa m e carga elétrica negativa de módulo igual a **q** é lançada com velocidade $\vec{v}_0$, na direção **y**, numa região onde atuam, na direção **z**, um campo elétrico $\vec{E}$ e o campo gravitacional $\vec{g}$ e, na direção **x**, um campo magnético $\vec{B}$ todos uniformes e constantes, conforme esquematizado na figura abaixo.

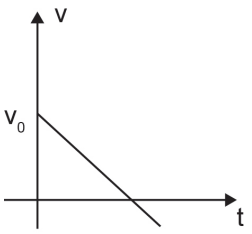


Sendo retilínea a trajetória dessa partícula, nessa região, e os eixos **x**, **y** e **z** perpendiculares entre si, pode-se afirmar que o gráfico que melhor representa a sua velocidade **v** em função do tempo **t** é

A)


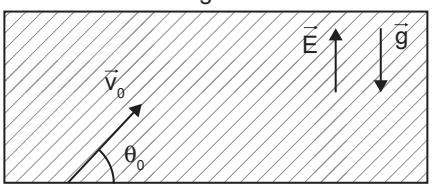
C)


B)


D)


13. (AFA) Uma partícula de massa **m** e carga elétrica +q é lançada obliquamente com velocidade $\vec{v}_0$ numa região R onde existe um campo elétrico uniforme $\vec{E}$, vertical, conforme ilustrado na figura abaixo.

Região R



Devido à ação deste campo elétrico $\vec{E}$ e do gravitacional $\vec{g}$, enquanto a partícula estiver nessa região R, sua aceleração vetorial
A) nunca poderá ser nula.
B) varia de ponto para ponto.
C) independe do ângulo θ_0.
D) sempre formará o mesmo ângulo θ_0 com o vetor velocidade instantânea.

14. (AFA) Considere um elétron partindo do repouso e percorrendo uma distância retilínea, somente sob a ação de um campo elétrico uniforme gerado por uma ddp U, até passar por um orifício e penetrar numa região na qual atua somente um campo magnético uniforme de intensidade B. Devido à ação desse campo magnético, o elétron descreve uma semicircunferência atingindo um segundo orifício, diametralmente oposto ao primeiro. Considerando o módulo da carga do elétron igual a **q** e sua massa igual a **m**, o raio da semicircunferência descrita é igual a
A) $\frac{Bq}{mU}$
B) $\left(\frac{Bq}{mU}\right)^2$
C) $\frac{1}{B}\cdot\left(\frac{2mU}{q}\right)^{1/2}$
D) $\left(\frac{2mU}{Bq}\right)^{1/2}$

15. (ITA) Uma massa **m** de carga **q** gira em órbita circular de raio R e período T no plano equatorial de um ímã. Nesse plano, a uma distância **r** do ímã, a intensidade do campo magnético é $B(r) = \frac{\mu}{r^3}$, em que μ é uma constante. Se fosse de 4R o raio dessa órbita, o período seria de
A) T/2
B) 2T
C) 8T
D) 32T
E) 64T

Gabarito

1	2	3	4	5
B	E	B	E	C
6	**7**	**8**	**9**	**10**
B	E	A	D	B
11	**12**	**13**	**14**	**15**
A	A	C	C	E

Resoluções

01.

Resposta: ?

02.

Resposta: ?

03.

Resposta: ?

04.

Resposta: ?

05.

Resposta: ?

06.

Resposta: ?

07.

Resposta: ?

08.

Resposta: ?

09.

Resposta: ?

10.

Resposta: ?

11.

Resposta: ?

12.

Resposta: ?

13.

Resposta: ?

14.

Resposta: ?

15.

Resposta: ?

NOTIFICAÇÃO

DISTRIBUÍDO POR CONSTANTINOPLA

DIGITADOR: Georgenes – REVISOR(A): Karlla
056.722 - 165806/22